

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Aappo Hyttinen

UPM PLYWOOD JOENSUUN VANERITEHTAAN
TUKKIMITTARIEN TARKKUUS

Opinnäytetyö
Tammikuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2018
Metsätalouden koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
Suomi
+358 50 326 8462

Tekijä
Aappo Hyttinen

Nimeke
UPM Plywood Joensuun vaneritehtaan tukkimittarien tarkkuus

Toimeksiantaja
UPM Plywood

Tiivistelmä

Kustannustehokkuudella on mekaanisessa metsäteollisuudessa iso merkitys. Tässä opinnäytetyössä on tutkittu UPM Plywood Joensuun vaneritehtaan tukkimittarien tarkkuutta. Sillä on merkittävä vaikutus tehtaan hyötysuhteeseen. Tutkimus on tehty toimeksiantajan tarpeesta saada tietoa tukkimittareiden tarkkuudesta. Opinnäytetyöni tavoitteena oli selvittää tukkimittareiden tarkkuus ja tuoda esille mahdollisia tarkkuutta heikentäviä tekijöitä.

Tukkimittareiden tarkkuutta on tutkimuksessa selvitetty viiden viikon koe-ajojakson ajalta, yhteensä 342 tukin verran. Tutkimus suoritettiin viidessä koe-ajokerässä, joissa tukit mitattiin ensin tukkikentällä Masser-mittasaksilla ja sen jälkeen ajettiin yksitellen tehtaan omista tukkimittareista läpi. Koe-ajoista saatujen pituusmittatietojen perusteella on tukkimittareiden tarkkuudesta saatu laskettua parittainen t-testi

Tutkimuksen tuloksista kävi ilmi, että tukkimittareiden tarkkuudessa on eroja. Olennaisesti tarkkuuteen vaikuttaa tukkimittareiden sijoituspaikka suhteessa tukkikuljettimiin. Muita tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat pöly- sekä lika tukkimittareiden valokennoissa ja tukkien mahdollinen liikkuminen mittaustilanteessa. Tutkimuksen tulosten ansiosta toimeksiantajalla on tutkittua tietoa tukkimittarien tarkkuudesta ja niiden avulla sillä on mahdollista kehittää toimintaansa. UPM Plywood pystyy hyödyntämään tutkimustuloksiaan myös muilla vaneritehtaillaan.

Kieli
suomi

Sivuja 30
Liitteet
Liitesivumäärä

Asiasanat
Vaneri, tukkimittaus, tukkimittarit



THESIS
January 2018
Bachelor degree in forestry

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. +358 50 326 8462

Author
Aappo Hyttinen

Title
Accuracy of timber measurement in Joensuu UPM Plywood mill

Commissioned by
UPM Plywood

Abstract

Cost-effectiveness is in great importance in the mechanical forest industry. In this thesis, the accuracy of log scanners in UPM Plywood Joensuu plywood mill was investigated. It has a significant impact on the efficiency of the mill. The research was carried out to give the commissioner valuable information on the accuracy of the timber measurement instruments. The aim of this thesis was to find out the precision of the barometers and to point out possible deteriorating factors.

The accuracy of the log scanners was investigated during the five-week trial period, with 342 logs. The study was carried out in five test runs, where the logs were first measured on a log field with a Masser-scale and then run one by one through the timber measurement instruments in the mill. With the information based on the test periods, a paired t-test was calculated.

The results of the study showed that there are differences in the accuracy of the timber measurement instruments. Essentially, accuracy is affected by the location of the meters in relation to the log conveyors. Other factors affecting precision are dust and dirt in the photocells of the meters and the possible movement of the supports in the measurement situation. Thanks to the results of the research, the commissioner has information on the precision of the barometers and thus, enables the development of the activities. UPM Plywood is able to utilize these research results also in other plywood mills.

Language
Finnish

Pages 30
Appendices
Pages of Appendices

Keywords

Veneer, log scanning, log scanners.

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	5
2	UPM.....	6
2.1	UPM Kymmene Oyj	6
2.2	UPM Plywood	6
2.3	UPM Plywood Joensuun vaneritehdas	7
3	Vaneri ja sen tuotanto	7
3.1	Vanerin määritelmä.....	7
3.2	Vanerituotannon työvaiheet	8
4	Tukkimittarit	9
4.1	Limab-mittari	9
4.2	Sahan katkontaa ohjaava mittari.....	10
5	Aiemmat tutkimukset tukkimittareiden tarkkuudesta	11
6	Opinnäytetyön tarkoitus	11
7	Tutkimuksen aineisto ja menetelmät.....	12
7.1	Määrällinen tutkimus.....	12
7.2	Tukkimittareiden tarkkuuden määrittäminen	13
8	Tulokset	13
8.1	Tulosten analysointi	13
8.2	1. koeajo	15
8.3	2. koeajo	17
8.4	3. koeajo	19
8.5	4. koeajo	21
8.6	5. koeajo	24
8.7	Yhteenveto mittaustuloksista sekä tarkkuutta heikentävät tekijät	26
9	Pohdinta.....	27
9.1	Opinnäytetyöni luotettavuus.....	27
9.2	Opinnäytetyön hyödynnettävyys ja jatkokehitysmahdollisuudet.....	28
	Lähteet.....	30

1 Johdanto

Mekaanisessa metsäteollisuudessa tukkimittarien tarkkuus vaikuttaa oleellisesti koko tehtaan hyötysuhteeseen. Joensuun tehtaalla on kaksi tukkimittaria. Ensimmäinen tukkimittari kerää tilastodataa jokaisesta pölistä ja toinen ohjaa tukinkatkontaa. Jos tukkien katkontaa ohjaava tukkimittari mittaa jostain syystä väärin, tämän seurauksena sorveille menee joko väärän pituista pölliä tai pölistä katkaistaan turhaan liian iso pätkä pois. Jos tiedonkeruusta vastaava tukkimittari mittaa väärin, niin sen seurauksena tietokannassa olevat tukkien tiedot ovat virheelliset.

Tämä tutkimuksellinen opinnäytetyö on tehty toimeksiantona UPM:lle ja käsittelee UPM Plywood Joensuun vaneritehtaan tukkimittarien tarkkuutta. Aiheeni valikoitui tehtaan tarpeesta saada tutkimusdataa tukkimittarien tarkkuudesta sekä mahdollisista ongelmista, jotka voivat aiheuttaa tukkimittareissa epätarkkuutta. Tutkimuksessa tukeista on kerätty yksinkertainen satunnaisotanta viiden viikon ajalta syksyltä 2017. Yksinkertaista satunnaisotantaa hyödyntäen tukkimittareiden tarkkuudesta on laskettu t-testit, joiden perusteella tarkkuutta on voitu analysoida.

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli saada kerättyä tilastodataa tukkimittareiden tarkkuudesta sekä pyrkiä tätä kautta parantamaan tehtaan hyötysuhdetta. Tavoitteenani oli huomioida tuotantoprosessista ongelmakohdat, jotka vaikuttavat tukkimittarien epätarkkuuteen. Tehtävänäni oli saada tutkimusdataa tukkimittareiden tarkkuudesta sekä pyrkiä tuomaan toimeksiantajalle mahdollisia korjausehdotuksia. Koska UPM on pörssiin listautunut yhtiö, osa tuotannon tunnusluvuista on liikesalaisuuksia. Luvut, jotka jätin paljastamatta, esittelen opinnäytetyössä kuitenkin diagrammien ja taulukoiden avulla.

2 UPM

2.1 UPM Kymmene Oyj

UPM Kymmene Oyj on kansainvälisesti toimiva suomalainen metsäteollisuusyhtiö. UPM:llä on tuotantoa neljällä mantereella ja yhtiön myyntiverkosto toimii kuudella mantereella. Kaikkiaan yhtiöllä on tuotantoa 12 eri maassa. Konsernin liikevaihto vuonna 2016 oli 9,8 miljardia euroa. Yhtiöllä on palveluksessaan 19 300 työntekijää. Osakkeenomistajia UPM:llä on 85 000. (UPM 2017a.)

UPM muodostuu kuudesta eri liiketoiminnan osa-alueesta, jotka ovat UPM Biorefining, UPM Raflatac, UPM Energy, UPM Speciality Papers, UPM Paper ENA sekä UPM Plywood. UPM Biorefining toimii saha-, sellu- sekä biopolttoainetuotannossa. UPM Raflatac valmistaa tarralaminaatteja, esimerkiksi erilaisiin hinta- ja tuotetarroihin. UPM Energy toimii sähköntuotannossa erilaisilla voimalaitoksilla. UPM Speciality Papers sekä UPM Paper ENA toimivat paperinvalmistuksen alalla. UPM Plywood toimii vaneriteollisuudessa. (UPM 2016, 2 – 3.)

2.2 UPM Plywood

UPM Plywood on Euroopan johtava vanerinvalmistaja. Plywoodilla on 7 tehdasta Suomessa sekä yksi tehdas Virossa ja yksi tehdas Venäjällä. Vaneriteollisuuden parissa yhtiöllä on 2 470 työntekijää. Vuonna 2016 UPM Plywoodin liikevaihto oli 444 miljoonaa euroa. (UPM 2016, 3, 36.)

Yhtiön vanerintuotanto keskittyy korkealaatuiseen WISA®-vaneriin, jota käytetään muun muassa kuljetusvälineiden lattioissa ja rakentamisessa sekä LNG-säiliöalusten eli nesteytettyä maakaasua kuljettavien alusten valmistukseen (UPM 2016, 36 & UPM 2017b). Yhtiö valmistaa myös lämpömuotoiltavaa UPM-Grada® vaneria, jota voidaan käyttää muotopuristamisessa. (UPM 2017b.)

2.3 UPM Plywood Joensuun vaneritehdas

Joensuun vaneritehdas valmistaa koivuvaneria erityisesti rakentamiseen, kuljetusteollisuuteen sekä LNG-maakaasutankkereiden valmistukseen (UPM Wisa Plywood 2017). Tehtaalla työskentelee 170 vaneriteollisuuden ammattilaista. Tehtaan tuotantokapasiteetti on noin 55 000 m³ vaneria vuodessa. (Metsämaailma 2017.)

Joensuun vaneritehdas on saanut alkunsa vuonna 1912, jolloin tehdas aloitti toimintansa lankarullatehtaana. Vuonna 1917 tehtaalla tehtiin muutostyöt vaneriteollisuuden mahdollistamiseksi ja 1918 vanerin tuotanto käynnistyi. 1923 tehdas siirtyi Wilhelm Schauman Ab:n omistukseen. Tehdas kantoi Schaumanin nimeä aina vuoteen 2004 asti, jolloin omistussuhteiden muutoksien jälkeen tehtaan ja yhtiön nimeksi tuli UPM Kymmene Wood Oy. Vuonna 2017 UPM tarkensi liiketoiminta-alojaan ja Joensuun tehtaasta tuli virallisesti UPM Plywoodin alainen. lähde. (UPM Wisa Plywood 2017.)

3 Vaneri ja sen tuotanto

3.1 Vanerin määritelmä

Vaneri on levy, joka on valmistettu liimaamalla yhteen päällekkäisiä ladottuja kerroksia, joissa viilut ovat syiden suuntaan ristikkäin. Yleensä vanerituotteen rakenne on symmetrinen keskikerroksen suhteen. (Juvonen & Kariniemi 1991, 11,13.) Vaneri on kokonaan valmistettu levyn muodostaman tason suuntaisista viiluista, joiden paksuus kuivattuna on tavallisimmin 1,4, 2,2 tai 3,0 mm (Koponen 2002, 17). Vaneri koostuu pintaviiluista, väliwiiluista sekä liimaviiluista. (Koponen 2002, 17, 18)

Erilaiset vanerit on jaettu luokkiin puuraaka-aineensa perusteella. Koivuvaneri on valmistettu nimenomaan koivusta. Sekavanerissa on käytetty sekä koivua, että kuusta. Havuvaneri valmistetaan yleensä kuusesta, mutta joissain tapauksissa

myös mäntyä käytetään. Ulkokäyttöön soveltuvat vanerit valmistetaan aina säänkestävällä fenolihartsilla liimattuna. Vanerin tuotannossa tästä fenolihartsiliimauksesta käytetään yleisesti nimitystä Exterior-liimaus. (Koponen 2002, 18 – 19.) Joskus sisäkäyttöön tulevat vanerilevyt liimataan urea-melamiiniliimalla. Urea-melamiiniliimauksesta käytetään nimitystä Interior-liimaus. (Juvonen & Kariniemi 1991, 13.)

3.2 Vanerituotannon työvaiheet

Tehtaalle saapuvat puut niputetaan ja niputtamisen jälkeen puut pudotetaan haudonta-altaaseen. Haudonnan tarkoituksena on saada puu lämmitettyä tilaan, jossa sorvaus onnistuu parhaiten. Tukkien haudonnalla pyritään myös nostamaan puun kosteus tasolle, jossa viilu leikkautuu pinnaltaan riittävän lujana, siileinä sekä tasaisena. Suomen vaneritehtailla haudonta tapahtuu 15-40 asteisessa vedessä. Tukkien haudonta kestää 1-2 päivää. (Koponen 2002, 30-31.)

Haudonnan jälkeen tukit siirretään yleensä hydraulisella nostimella kuorintaan. Kuorinnan tarkoituksena on poistaa puusta ylimääräinen puuaines jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Kuorinnasta tukin matka jatkuu katkaisuun, jossa tukki mitataan ja katkaistaan viilun mitan edellyttämään pituuteen. Vanerituotannossa yleisesti koivutukit katkaistaan 1 300 ja 1 600mm mittoihin. Havuvaneria tehdessä voidaan käyttää myös pituutta 2 600 mm. (Koponen 2002, 33, 35.)

Kun tukki on saatu katkottua haluttuun mittaan, se jatkaa matkaa kohti sorveja. Sorveilla tukista sorvataan viilua. Sorveilta viilu siirtyy kuivaukseen. Kuivauksessa viilun kosteus tiputetaan tasolle, joka mahdollistaa vanerin liimauksessa parhaan mahdollisen lopputuloksen. Keskimääräisesti koivuviilun kosteusprosentti on hyvä olla yleensä noin 6. Havuvaneri vaatii hieman kuivemman viilun kosteusprosentin ollessa keskimääräisesti noin 3-4. Yleensä viilu ajetaan kuivauskoneen läpi kokonaisena viilumattona. Kuivauskoneen lämpötila on yleensä

lähes 200 astetta. Viilun saavutettua optimaalisen kosteuden se etenee leikkureille, jossa se mitataan ja leikataan käyttötarkoitusta vastaavankokoisiksi arkeiksi. (Koponen 2002, 40, 49, 56).

Viilun leikkauksen jälkeen viilut siirtyvät viilunjalostukseen. Viilunjalostuksessa viilut käyttötarkoituksesta riippuen paikataan, saumataan sekä jatketaan. Viilunjalostuksessa viilujen mitoitus sekä laatu valmistetaan liimaukseen sopivaksi. Kun viilun jalostus on saatu valmiiksi, se siirretään liimaukseen. Liimauksessa viilun pintaan levitetään liima sekä viilut ladotaan päällekkäin vastaamaan toivottua rakennetta. Ladonnan jälkeen viilut esipuristetaan huoneenlämpötilassa. Esipuristamisen tarkoituksena on helpottaa levyaihioiden syöttöä kuumapuristimeen sekä saada kosteus tasaantumaan eri viilukerrosten välillä. Esipuristuksen jälkeen vaneriaihiot syötetään kuumapuristimeen. Kuumapuristimessa vaneriaihiot puristuvat vaneriksi yli 100 asteen lämpötilassa. (Koponen 2002 59, 65-69.)

Kuumapuristuksen jälkeen alkaa vanerin viimeistely. Vanerin viimeistelyssä kuumapuristimelta tulleet levyt työstetään lopulliseen muotoonsa ja pakataan. Viimeistelyssä vanerin reunat sahataan, vanerin pinta hiotaan, vanerit lajitellaan sekä mahdolliset viat korjataan. Vanerin lajittelun sekä vikojen korjauksen jälkeen vaneri joko pakataan tai sitten siihen tehdään vielä mahdollisesti reunatyöstöjä sekä pinnoitetaan vaneri, jonka jälkeen vaneri pakataan. (Koponen 2002, 65 – 74.)

4 Tukkimitarit

4.1 Limab-mittari

Limab-mittari kerää mittausdataa UPM:n tiedonkeruujärjestelmään. Se on sijoitettu tukkikuljettimelle heti tukkinosturin jälkeen. Mittari toimii valoverhoperiaatella. Tukki kulkee laservaloverhon läpi ja samalla valoverho mittaa tukin halkaisijan, jonka perusteella tukin tilavuus sekä pituus lasketaan. Mittauslaitteistossa sijaitsevat pulssianturit mittaavat tukin pituuden sen kulkiessa valoverhon läpi.

Limab mittaa tukin halkaisijamittoja noin 1000 kertaa sekunnissa. Tilavuuden, lenkouden, kartiokkuuden, soikeuden sekä muiden tukkisuureiden laskemiseksi mittoja tallennetaan käytettävistä mittaussuunnista 10 mm välein.

Saadut mitat tukkimittari suodattaa siten, että täysin väärät mitat ohjelma lineari-soi eli korvaa muilla oletusmitoilla. Mitan korjausta tarvitaan esimerkiksi roikkuvien kuorien aiheuttaman epäjohdonmukaisen mittatiedon korjaamiseen. Mitattujen tietojen perusteella mittari laskee tukin tilavuuden katkaistun kartion kaavalla, noin 25-30 senttimetrin paloina. Mittari siirtää tukkien tiedot automaattisesti reaaliajassa UPM:n omaan tiedonkeruujärjestelmään.

Mittauslaitteiston mittatarkkuuden kalibroimiseksi on mahdollista ajaa mittausjärjestelmän läpi ns. testipuu, eli muoviputki joka on tukkimittarille standardoitu työkalu. Tukkimittari käsittelee testipuuta kuin normaalia tukkia ja kun testipuu on ajettu mittarien läpi, niin sille näytetään ajonäytössä samat mittatiedot kuin muillekin tukeille. Ajonäytöstä saatavia halkaisija- ja pituusmittoja verrataan järjestelmävakioiden syötettyihin testipuun todellisiin mittoihin. (Kohvakka 2017.)

4.2 Sahan katkontaa ohjaava mittari

Katkontaa ohjaavan tukkimittarin ollessa automaattiajolla kuorimakoneen ohjauksessa oleva annostelija annostelee vapaana olevalle mittauskuljettimelle yhden tukin kerrallaan. Kun tukki on pudonnut mittauskuljettimelle, se lähtee liikkeelle eteenpäin. Mittauskuljettimella valokennot mittaavat tukkia kahdesta kohdasta, jonka perusteella tukin mittausta ja katkonta tapahtuu. Valokennot sijaitsevat 5 metrin ja 7 metrin kohdalla. Mikäli tukki on lyhyt eli alle 5 metrin pituinen ja kumpikaan mittaustennoista ei varaudu tukin ollessa kuljettimella, kuljetin lähtee peruuttamaan niin kauan kunnes 5 metrin valokenno löytyy. (UPM 2010, 9.)

Kun tukki saadaan mitattua, suoritetaan tukin jako pölleiksi. Tukki jaetaan optimaalisesti asetuksissa annettujen minimi ja maksimi pöllimittojen mukaan siten, että tukista jää mahdollisimman vähän ylimääräistä hukkapätkää. Kun ohjelma on laskenut tukille optimaaliset katkaisukohdat, kuljetin lähtee liikkeelle kohti sahaa. Jos tukista halutaan katkaista ”1300-pölli”, niin silloin sahassa oleva kolmen

valokennon rivi pysäyttää tukin 1320 millimetrin kohdalle ja suorittaa katkonnan. Mikäli tukkia katkotaan toiseen päämittaan eli siitä tehdään ”1600-pölli”, silloin saha tarkastelee 1620 millimetrin kohdalla olevilla valokennoilla tukin pituuden ja suorittaa tukin katkonnan. (UPM 2010, 9.)

5 Aiemmat tutkimukset tukkimittareiden tarkkuudesta

Tukkimittareiden tarkkuutta on tutkittu muun muassa sahateollisuudessa aiemminkin, mutta täysin vastaavanlaisia mittareita ei ole tutkittu. Erityisesti valoverhoperiaatteella toimivista mittareista on olemassa tutkimusdataa.

Marjomaa (1996, 1-7) on Metsätehossa julkaistussa tutkimuksessaan käsitellyt yleisten teollisuudessa käytössä olevien tukkimittareiden tarkkuutta. Tutkimuksesta käy ilmi erityisesti tarkkuuteen negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä. Taustava-laistus sekä ilman pölyisyys voivat vaikuttaa tukkimittauksen tarkkuuteen. Tu-keista sekä kuljettimista irtoavat kuorenpalaset sekä öljy ja rasva voivat liata valokennoja ja haitata mittaustulosta. Mikäli kuljetin tärisee ja tukki pääsee heilu-maan kuljettimella, niin mittaustulos voi häiriintyä.

Mittausrvirheisiin pystytään vaikuttamaan tukkimittarin sijoituksella. Mittaria ei tu-lisi asentaa kahden kuljettimen välille ja mittari tulisi sijoittaa mahdollisimman kau-aksi tukkien syöttölaitteesta. Tukkimittarit tulisi pitää puhtaana paineilmapuhal-luksella. (Marjomaa 1996, 1-7.)

6 Opinnäytetyön tarkoitus

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli saada kerättyä tilastodataa tukkimittareiden pi-tuusmittauksen tarkkuudesta, sekä pyrkiä tätä kautta parantamaan tehtaan hyö-tysuhdetta. Pituusmittauksen tarkkuutta on tutkittu työssäni määrällisenä satun-naisotantana, josta on muodostettu matemaattinen t-testi. Tutkimuksessa on

pyritty huomioimaan tuotantoprosessista ongelmakohdat, jotka vaikuttavat tukkimittarien epätarkkuuteen. Tehtävänäni oli saada tutkimusdataa tukkimittareiden tarkkuudesta sekä pyrkiä tuomaan toimeksiantajalle mahdollisia korjausehdotuksia, joilla voidaan vaikuttaa tarkkuuteen.

7 Tutkimuksen aineisto ja menetelmät

7.1 Määrällinen tutkimus

Ammattikorkeakoulussa tutkimuksellisen opinnäytetyön voi suorittaa joko määrällisenä tutkimuksena tai laadullisena tutkimuksena. (Vilkkä 2015, 94,117). Olen valinnut opinnäytetyössäni tutkimustavaksi määrällisen tutkimuksen. Määrällisessä tutkimuksessa tutkimusaineiston keräämismenetelmäksi on valittavissa joko systemaattinen havainnointi, kyselylomake tai valmiiden tilastojen sekä rekisterien käyttö. (Vilkkä 2015, 94-97.) Työssäni käytin tiedonkeräämisessä systemaattista havainnointia ja siihen perustuvaa yksinkertaista satunnaisotantaa.

Systemaattisella havainnoinnilla voi tutkia esimerkiksi ihmisiä, mainoksia tai vaikkapa kuvia. Systemaattinen havainnointi edellyttää usein lomakkeen laatimista havainnointiin. Tutkimuksen havainnointi ei voi olla ikinä mielivaltaista, vaan sen tulee perustua tutkimussuunnitelmaan. Systemaattinen havainnointi antaa tietoa toiminnasta, jonka voi havaita silmin tai on mitattavissa automaattisilla havainnointilaitteilla. (Vilkkä 2015, 96-97.)

Yksinkertainen satunnaisotanta perustuu siihen, että havainnoitavat yksiköt on järjestelty luetteloksi, jonka pohjalta poiminta toteutetaan (Kananen 2011, 70). Käytännössä työssäni kokeeseen valikoitui satunnaisia tehtaalle saapuneita tukkinippuja, jotka mitattiin ensin mittasaksilla ja sen jälkeen ajettiin tehtaan tukkimittareista läpi.

7.2 Tukkimittareiden tarkkuuden määrittäminen

Suoritin käytännön tutkimuksen kymmenen kenttäpäivän aikana tutkimuspäivien jakautuessa viidelle viikolle loka-syyskuussa 2017. Minulla oli tutkimuksessani viikossa aina kaksi kenttäpäivää. Ensimmäisenä kenttäpäivänä mittasin mittasaksilla tukkikentälle levitetyn tukkinipun, otin mittaustulokset ylös sekä merkkasin jokaisen tukin molemmista päistä helpottaakseni toisena päivänä suoritettavaa koeajoa. Mittaamieni tukkinippujen tukkimäärät vaihtelivat 50-100 tukin välillä. Viikon ensimmäisen kenttäpäivän päätteeksi tukkinippu laskettiin hautomoaltaaseen, jossa se kellui hautomoaltaan syöttöpäästä purkupäähän kahden seuraavan vuorokauden aikana.

Viikon toisena kenttäpäivänä mittaamani tukkinippu ajettiin koeajona läpi tukkimittareista. Tukkinippu avattiin hautomoaltaan purkupäässä ja operaattori nosti hydraulisella nosturilla tukit yksitellen kuljettimelle, jota pitkin tukit siirtyivät mittaukseseen. Tukkimittareilta ja tehtaan tiedonkeruuhjelmasta keräsin tukkimittareiden mittaamat tukkien tiedot.

Koe suoritettiin kerran viikossa viiden viikon ajan eli kokeessa mittarien tarkkuutta testattiin viidellä eri tukkinipulla. Näistä viidestä tukkinipusta muodostui yksinkertainen satunnaisotanta viiden eri viikon ajalta. Tukkimittarien mittaamien tietojen sekä omien mittaustulosteni perusteella sain laskettua kuinka tarkasti tukkimittarit mittasivat viitenä eri koeajopäivänä viiden eri viikon aikana.

8 Tulokset

8.1 Tulosten analysointi

Tukkimittarien koeajoista saatuja tuloksia analysoin parittaisella t-testillä. T-testiä voidaan käyttää vain jos otoksen perusjoukko on normaalijakautunut. Testiä voidaan soveltaa yhden otannan keskiarvon testaamisessa ja kahden riippuvan tai

riippumattoman otoksen yhtäsuuruuksien testaamisessa. Riippuva otos käytännön tasolla tarkoittaa mittausta, jossa samoja koekappaleita mitataan useamman kerran ja oletetaan kahden otoksen keskiarvojen olevan saman suuruiset.

Kahden toisistaan riippuvan otoksen testissä oletushypoteesina on, siis että keskiarvot mittaustuloksissa ovat yhtä suuret. Vastahypoteesi testissä on tällöin, että keskiarvot mittaustuloksissa ovat erisuuruiset. (KvantiMOTV 2008.) Testissä käytin yleistä 95 prosentin luotettavuusrajaa, jossa tulosten p-arvo kertoo kuinka luotettavia tukkimittareiden mittatulokset ovat olleet verrattuna omiin mittauksiini. Mikäli testin p-arvo jää alle 0,05, niin silloin mittareiden mittaustulokset eivät ole olleet luotettavia 95 prosentin luotettavuusrajalla. Mikäli p-arvo testissä on yli 0,05, niin mittarit ovat mitanneet luotettavasti.

Parittaisen t-testin lisäksi olen avannut mittaustuloksia myös kuvaajilla, jotka havainnollistavat tarkkuutta tukkimittauksessa. Kaikkiaan tukkimittauksissa mitattiin 342 tukkia viiden eri otoksen aikana, joiden pohjalta tuloksia on analysoitu. T-testi vaatii onnistuakseen vähintään 30 kappaleen otoksen, joten testin pystyi laskemaan jokaisesta koe-erästä. (Taanila 2016.) Koe suoritettiin kerran viikossa viiden viikon ajan eli kokeessa mittarien tarkkuutta testattiin viidellä eri tukkinipulla. Näistä viidestä tukkinipusta muodostui yksinkertainen satunnaisotanta viiden eri viikon ajalta. Tukkimittarien mittaamien tietojen sekä omien mittaustulosteni perusteella sain laskettua kuinka tarkasti tukkimittarit mittasivat viitenä eri koeajopäivänä viiden eri viikon aikana. Tukkimittarien jakaumista laskettiin parittainen t-testi sekä tuloksia avattiin kaavion muodossa.

8.2 1. koeajo

Paired T for Limab - Mittasakset

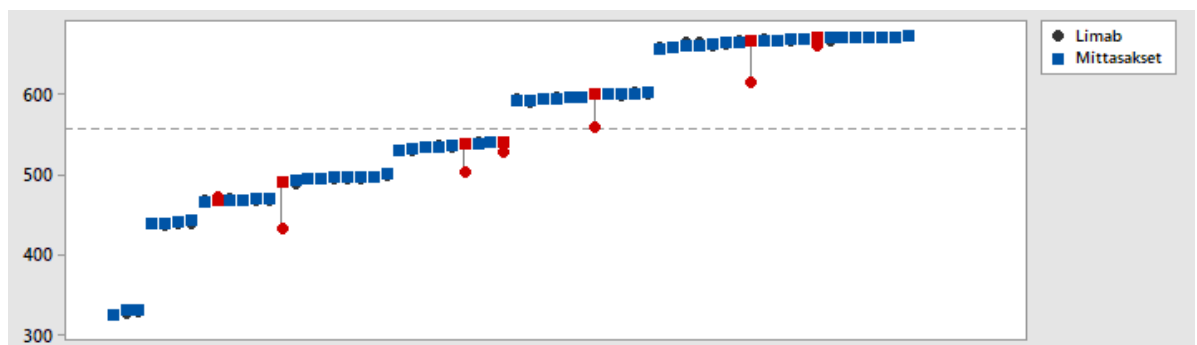
	N	Mean	StDev	SE Mean
Limab	62	555,3	96,5	12,3
Mittasakset	62	559,0	95,7	12,2
Difference	62	-3,71	11,89	1,51

95% CI for mean difference: (-6,73; -0,69)

T-Test of mean difference = 0 (vs \neq 0): T-Value = -2,46 P-Value = 0,017

Taulukko 1. Ensimmäisen limab-koeajon laskutulokset.

Ensimmäisessä koeajossa tukkimittareista ajettiin läpi 62 kpl tukkeja (taulukko 1). Koeajon laskutulokset kertoivat Limab-tukkimittarin mittauksen olleen kyseisessä koeajossa 95 prosentin luotettavuusrajalla epäluotettava. P-arvon ollessa alle 0,05 oletushypoteesi ei jää voimaan eli tukkimittari on mitannut epätarkasti ollakseen luotettava. Mittaustulosten keskiarvot vaihtelevat liikaa. T-arvo on tutkimuksen testisuure, joka kertoo, kuinka todennäköistä on saada T-arvoa vastaavia lukuja mittauksessa. Tulosten mean difference osio kertoo tulosten merkitsevimpien keskimääräisten erojen jakautumisesta välille -6,73 ja -0,69. Mittari oli siis keskimääräisesti enimmillään mitannut pituuden melkein seitsemän senttimetriä liian lyhyeksi.



Kuvio 1. tarkkuuden jakautuminen ensimmäisessä limab-koeajossa.

Kuvio 1 kuvaa ensimmäisen koeajon Limab-tukkimittarin mittaamien tukkimittausten tarkkuuden jakautumista suhteessa masser-mittasaksilla saatuihin tukkipituuksiin. Limabin mittaamisissa pituuksissa on liikaa heittoa 7 tukin kohdalla, minkä johdosta mittaustarkkuus koeajossa limabin osalta on heikko.

Paired T for saha - Mittasakset

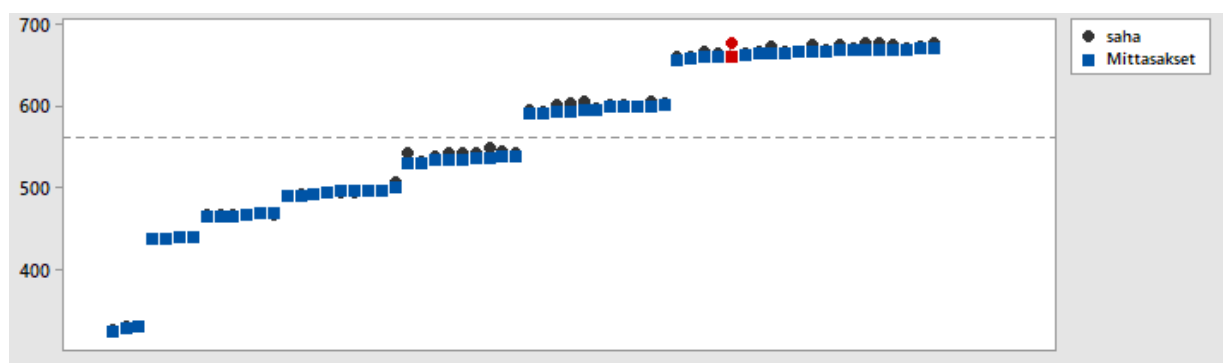
	N	Mean	StDev	SE Mean
saha	62	562,7	97,4	12,4
Mittasakset	62	559,0	95,7	12,2
Difference	62	3,724	3,911	0,497

95% CI for mean difference: (2,731; 4,717)

T-Test of mean difference = 0 (vs \neq 0): T-Value = 7,50 P-Value = 0,000

Taulukko 2. Ensimmäisen katkontaa ohjaavan tukkimittarin koeajon laskutulokset.

Ensimmäisen koeajon laskutulokset kertoivat sahan katkontaa ohjaavan-tukkimittarin mittauksen olleen 95 prosentin luotettavuusrajalla epäluotettava. P-arvon ollessa alle 0,05 oletushypoteesi ei jää voimaan eli sahan katkontaa ohjaava mittari on mitannut epätarkasti ollakseen luotettava. T-arvo on tutkimuksen testisuure, joka kertoo, kuinka todennäköistä on saada T-arvoa vastaavia lukuja mitauksessa. Tulosten mean difference osio kertoo tulosten merkitsevimpien erojen jakautumisesta välille 2,731 ja 4,717. Suurin heitto mittaustuloksissa on siis ollut keskimääräisesti 2,731 senttimetrin 4,717 senttimetrin välillä.



Kuvio 2. tarkkuuden jakautuminen ensimmäisessä sahan katkontaa ohjaavan mittarin koeajossa.

Kuvio 2 kuvaa ensimmäisen koeajon sahan katkontaa ohjaavan -tukkimittarin mittaamien tukkimittausten tarkkuuden jakautumista suhteessa masser-mittasaksilla saatuihin tukkipituuksiin. Katkontaa ohjaavan mittarin mittaustuloksissa ei ole isoa heittoa, mutta yhteensä 20 tukin kohdalla heittoa on sen verran, että mittari ei ole mitannut luotettavasti kyseisessä koeajossa.

8.3 2. koeajo

Paired T for Limab - Mittasakset

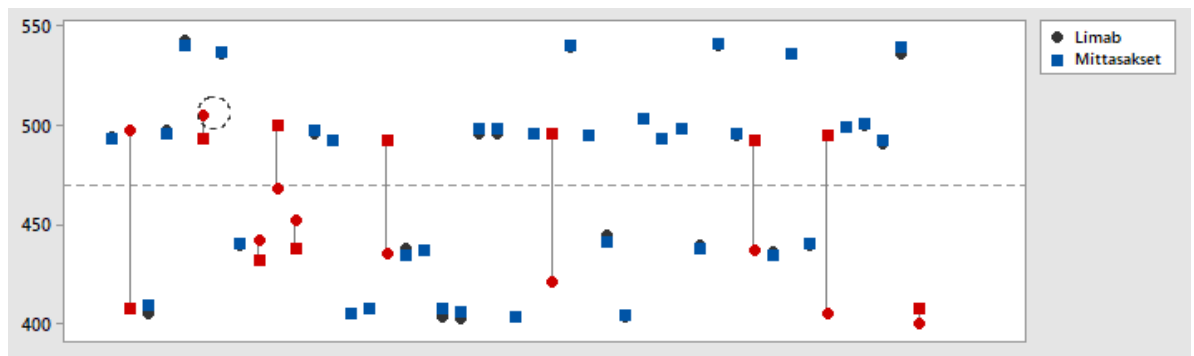
	N	Mean	StDev	SE Mean
Limab	45	467,40	45,81	6,83
Mittasakset	45	471,93	45,03	6,71
Difference	45	-4,53	25,59	3,81

95% CI for mean difference: (-12,22; 3,15)

T-Test of mean difference = 0 (vs \neq 0): T-Value = -1,19 P-Value = 0,241

Taulukko 3. Toisen Limab-koeajon laskutulokset.

Toisessa koeajossa tukkimittareista ajettiin läpi 45 kpl tukkeja. Toisen koeajon laskutulokset kertoivat Limab-tukkimittarin mittauksen olleen kyseisessä koeajossa 95 prosentin luotettavuusrajalla luotettava. P-arvon ollessa alle 0,05 oletushypoteesi jää voimaan eli tukkimittari on mitannut riittävän tarkasti ollakseen luotettava. T-arvo on tutkimuksen testisuure, joka kertoo, kuinka todennäköistä on saada T-arvoa vastaavia lukuja mittauksessa. Tulosten mean difference osio kertoo tulosten merkitsevimpien keskimääraisten erojen jakautumisesta välille -12,22 ja 3,15. Mittari oli siis keskimääräisesti enimmillään mitannut pituuden hie- man yli kaksitoista senttimetriä liian lyhyeksi, mutta mittaheitolla ei isommassa mittakaavassa ollut vaikutusta mittarin yleiseen tarkkuuteen.



Kuvio 3. Toisen Limab-koeajon tukkimittauksen tarkkuuden jakautuminen.

Kuvio 3 kuvaa toisen koeajon Limab-tukkimittarin mittaamien tukkimittausten tarkkuuden jakautumista suhteessa masser-mittasaksilla saatuihin tukkipituuksiin. Limabin mittaamisissa pituuksissa on heittoa, mutta mittavirhe ei oletettavasti vaikuta mittarin yleiseen tarkkuuteen koeajossa.

Paired T for Saha - Mittasakset

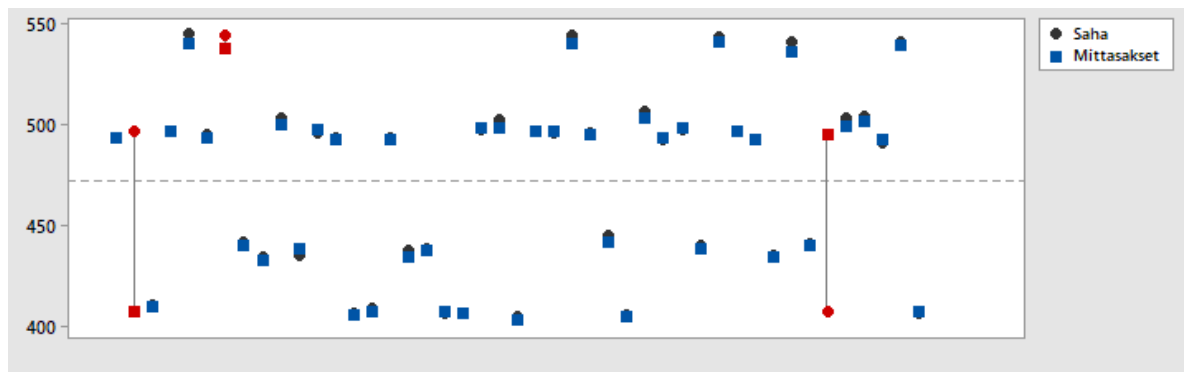
	N	Mean	StDev	SE Mean
Saha	45	473,16	45,78	6,82
Mittasakset	45	471,93	45,03	6,71
Difference	45	1,22	19,04	2,84

95% CI for mean difference: (-4,50; 6,94)

T-Test of mean difference = 0 (vs \neq 0): T-Value = 0,43 P-Value = 0,669

Taulukko 4. Toisen katkontaa ohjaavan tukkimittarin koeajon laskutulokset.

Toisen koeajon laskutulokset kertoivat sahan katkontaa ohjaavan-tukkimittarin mittauksen olleen 95 prosentin luotettavuusrajalla luotettava kyseisessä koeajotilanteessa (taulukko 4). P-arvon ollessa yli 0,05 oletushypoteesi jää voimaan eli sahan katkontaa ohjaava mittari on mitannut riittävän tarkasti ollakseen luotettava. T-arvo on tutkimuksen testisuure, joka kertoo, kuinka todennäköistä on saada T-arvoa vastaavia lukuja mittauksessa. Tulosten mean difference osio kertoo tulosten merkitsevimpien erojen jakautumisesta välille 2,731 ja 4,717. Suurin heitto mittaustuloksissa on jakautunut siten, että mittari on keskimääräisesti lyhimmillään mitannut tukin 4,5 senttiä liian lyhyeksi ja suurimmillaan melkein 7 senttiä liian pitkäksi.



Kuvio 4. Tarkkuuden jakautuminen toisessa sahan katkontaa ohjaavan mittarin koeajossa.

Kuvio 4 kuvaa toisen koeajon sahan katkontaa ohjaavan -tukkimittarin mittamien tukkimittausten tarkkuuden jakautumista suhteessa masser-mittasaksilla saatuihin tukkipituuksiin. Katkontaa ohjaavan mittarin mittaustuloksissa on kahden tukin kohdalla merkittävää heittoa pituudessa, mutta tämä ei vielä vaikuta olennaisesti mittarin yleiseen tarkkuuteen.

8.4 3. koeajo

Paired T for Limab - Mittasakset

	N	Mean	StDev	SE Mean
Limab	93	557,40	92,11	9,55
Mittasakset	93	563,90	88,24	9,15
Difference	93	-6,51	20,39	2,11

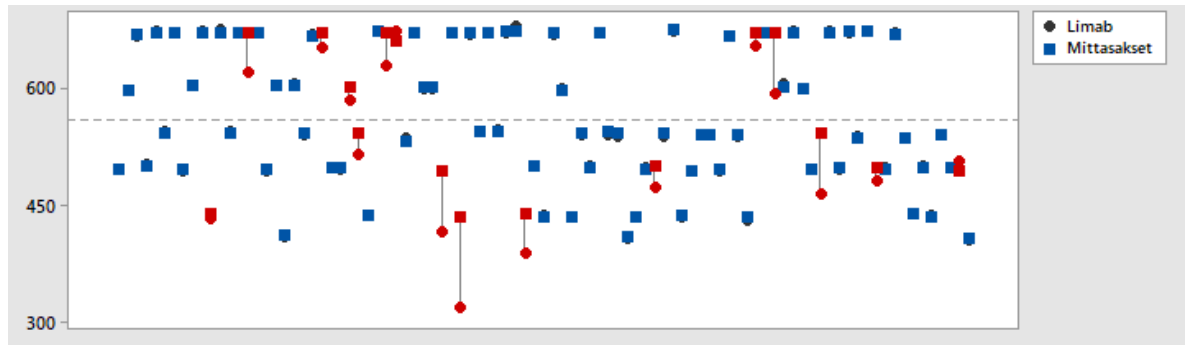
95% CI for mean difference: (-10,70; -2,31)

T-Test of mean difference = 0 (vs \neq 0): T-Value = -3,08 P-Value = 0,003

Taulukko 5. Kolmannen Limab-koeajon laskutulokset.

Kolmannessa koeajossa tukkimittareista ajettiin läpi 93 kpl tukkeja. Kolmannen koeajon laskutulokset kertoivat Limab-tukkimittarin mittauksen olleen kyseisessä koeajossa 95 prosentin luotettavuusrajalla epäluotettava. P-arvon ollessa alle 0,05 oletushypoteesi ei jää voimaan eli tukkimittari on ei ole mitannut riittävän tarkasti ollakseen luotettava. T-arvo on tutkimuksen testisuure, joka kertoo, kuinka todennäköistä on saada T-arvoa vastaavia lukuja mittauksessa. Tulosten

mean difference osio kertoo tulosten merkitsevimpien keskimääräisten erojen jakautumisesta välille -10,70 ja -2,31. Mittari oli siis enimmillään mitannut keskimääräisesti pituuden melkein 11 senttimetriä liian lyhyeksi.



Kuvio 5. Kolmannen Limab-koeajon tukkimittauksen tarkkuuden jakautuminen.

Kuvio 5 kuvaa kolmannen koeajon Limab-tukkimittarin mittaamien tukkimittauksen tarkkuuden jakautumista suhteessa Masser-mittasaksilla saatuihin tukkipituuksiin. Limabin mittaamissa pituuksissa on merkittävää heittoa yhteensä 16 tukissa.

Paired T for saha - Mittasakset

	N	Mean	StDev	SE Mean
saha	93	565,78	88,81	9,21
Mittasakset	93	563,90	88,24	9,15
Difference	93	1,874	1,822	0,189

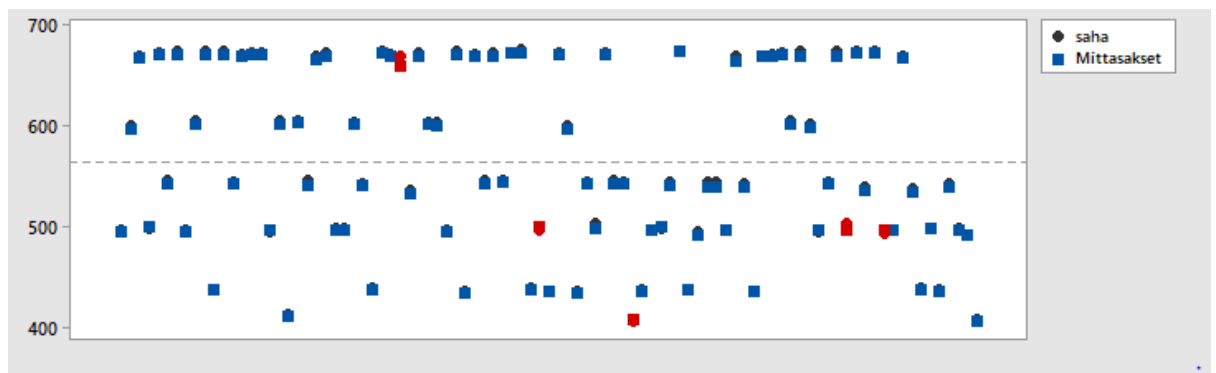
95% CI for mean difference: (1,499; 2,249)

T-Test of mean difference = 0 (vs \neq 0): T-Value = 9,92 P-Value = 0,000

Taulukko 6. Kolmannen katkontaa ohjaavan tukkimittarin koeajon laskutulokset.

Kolmannen koeajon laskutulokset kertoivat sahan katkontaa ohjaavan-tukkimittarin mittauksen olleen 95 prosentin luotettavuusrajalla epäluotettava kyseisessä koeajotilanteessa. P-arvon ollessa alle 0,05 oletushypoteesi ei jää voimaan eli sahan katkontaa ohjaava mittari ei ole mitannut riittävän tarkasti ollakseen luotettava. T-arvo on tutkimuksen testisuure, joka kertoo, kuinka todennäköistä on saada T-arvoa vastaavia lukuja mittauksessa. Tulosten mean difference osio kertoo tulosten merkitsevimpien keskimääräisten erojen jakautumisesta välille 1,499

ja 2,249. Käytännössä mittaheitto on ollut pientä, mutta sitä on ollut systemaattisesti niin paljon, että mittaustulokset olivat epätarkkoja tarkasteltuna isommassa mittakaavassa.



Kuvio 6. Tarkkuuden jakautuminen kolmannessa sahan katkontaa ohjaavan mittarin koeajossa.

Kuvio 6 kuvaa kolmannen koeajon sahan katkontaa ohjaavan -tukkimittarin mitaamien tukkimittausten tarkkuuden jakautumista suhteessa masser-mittasaksilla saatuihin tukkipituuksiin. Katkontaa ohjaavan mittarin mittaustuloksissa on systemaattisesti pientä heittoa, joten mittaustulokset olivat epätarkkoja.

8.5 4. koeajo

Paired T for Limab - Mittasakset

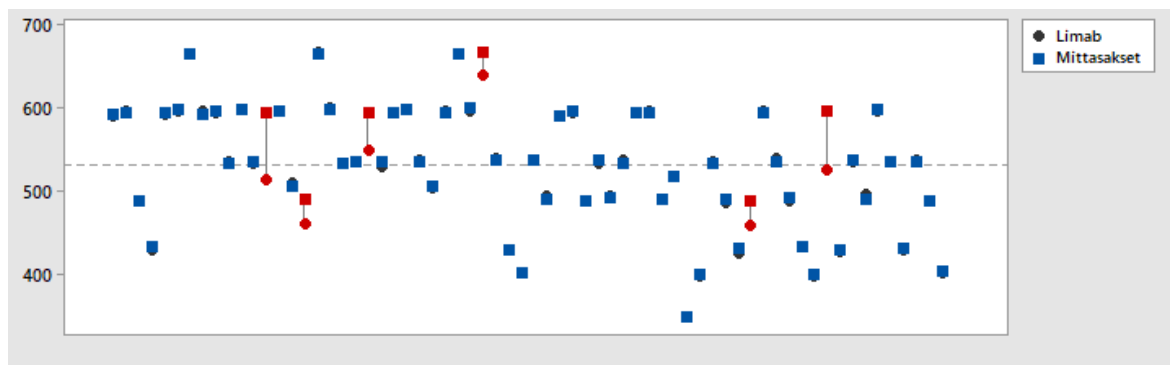
	N	Mean	StDev	SE Mean
Limab	66	529,86	72,05	8,87
Mittasakset	66	534,29	72,76	8,96
Difference	66	-4,42	15,25	1,88

95% CI for mean difference: (-8,17; -0,68)

T-Test of mean difference = 0 (vs \neq 0): T-Value = -2,36 P-Value = 0,021

Taulukko 7. Neljännän Limab-koeajon laskutulokset.

Neljännessä koeajossa tukkimittareista ajettiin läpi 66 kpl tukkeja. Neljännen koeajon laskutulokset kertoivat Limab-tukkimittarin mittauksen olleen kyseisessä koeajossa 95 prosentin luotettavuusrajailla epäluotettava. P-arvon ollessa alle 0,05 oletushypoteesi ei jää voimaan eli tukkimittari on mitannut epätarkasti ollakseen luotettava. Mittaustulosten keskiarvot vaihtelevat liikaa. T-arvo on tutkimuksen testisuure, joka kertoo, kuinka todennäköistä on saada T-arvoa vastaavia lukuja mittauksessa. Tulosten mean difference osio kertoo tulosten merkitsevimpien keskimääräisten erojen jakautumisesta välille -8,17 ja -0,68. Mittari oli siis enimmillään mitannut pituuden keskimääräisesti hieman yli 8 senttimetriä liian lyhyeksi.



Kuvio 7. Neljännen Limab-koeajon tukkimittauksen tarkkuuden jakautuminen.

Kuvio 7 kuvaa neljännen koeajon Limab-tukkimittarin mittaamien tukkimittausten tarkkuuden jakautumista suhteessa masser-mittasaksilla saatuihin tukkipituuksiin. Limabin mittaamisissa pituuksissa on merkittävää heittoa systemaattisesti, joten mittaustulokset ovat epätarkkoja.

Paired T for Saha - Mittasakset

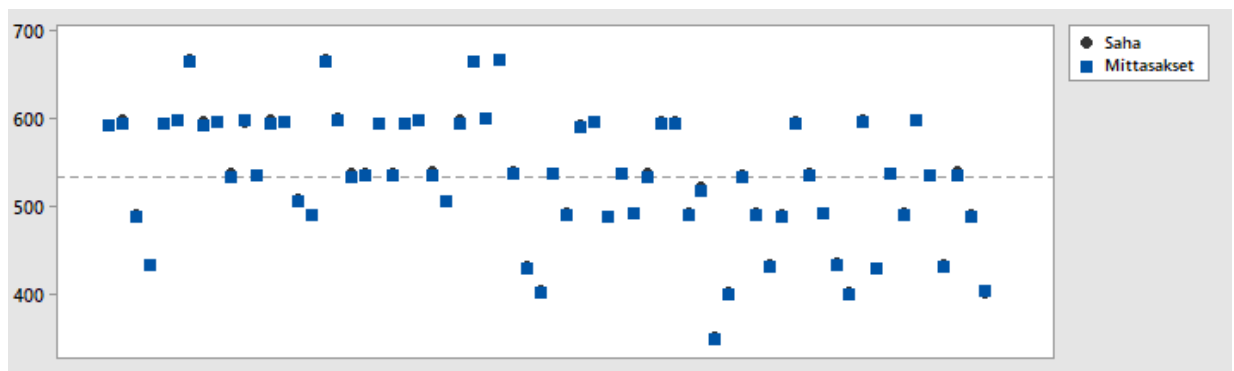
	N	Mean	StDev	SE Mean
Saha	66	535,42	72,89	8,97
Mittasakset	66	534,29	72,76	8,96
Difference	66	1,130	1,280	0,158

95% CI for mean difference: (0,816; 1,445)

T-Test of mean difference = 0 (vs \neq 0): T-Value = 7,18 P-Value = 0,000

Taulukko 8. Neljännen katkontaa ohjaavan tukkimittarin koeajon laskutulokset.

Neljännän koeajon laskutulokset kertoivat sahan katkontaa ohjaavan-tukkimittarin mittauksen olleen 95 prosentin luotettavuusrajalla epäluotettava kyseisessä koeajotilanteessa. P-arvon ollessa alle 0,05 oletushypoteesi ei jää voimaan eli sahan katkontaa ohjaava mittari ei ole mitannut riittävän tarkasti ollakseen luotettava. T-arvo on tutkimuksen testisuure, joka kertoo, kuinka todennäköistä on saada T-arvoa vastaavia lukuja mittauksessa. Tulosten mean difference osio kertoo tulosten keskimääräisesti merkitsevimpien erojen jakautumisesta välille 0,816 ja 1,445. Käytännössä mittaheitto on ollut pientä, mutta sitä on ollut systemaattisesti niin paljon, että mittaustulokset olivat epätarkkoja laajemmin tarkasteltuna.



Kuvio 8. Tarkkuuden jakautuminen neljännessä sahan katkontaa ohjaavan mittarin koeajossa.

Kuvio 8 kuvaa neljännän koeajon sahan katkontaa ohjaavan tukkimittarin mittauksen tukkimittausten tarkkuuden jakautumista suhteessa masser-mittasaksilla saatuihin tukkipituuksiin. Katkontaa ohjaavan mittarin mittaustuloksissa on systemaattisesti pientä heittoa, joten mittaustulokset olivat epätarkkoja. Periaatteessa tarkkuus voisi olla jollain tasolla riittävän tarkka, mutta haettaessa 95 prosentin luotettavuutta tarkkuus ei riitä.

8.6 5. koeajo

Paired T for Limab - Mittasakset

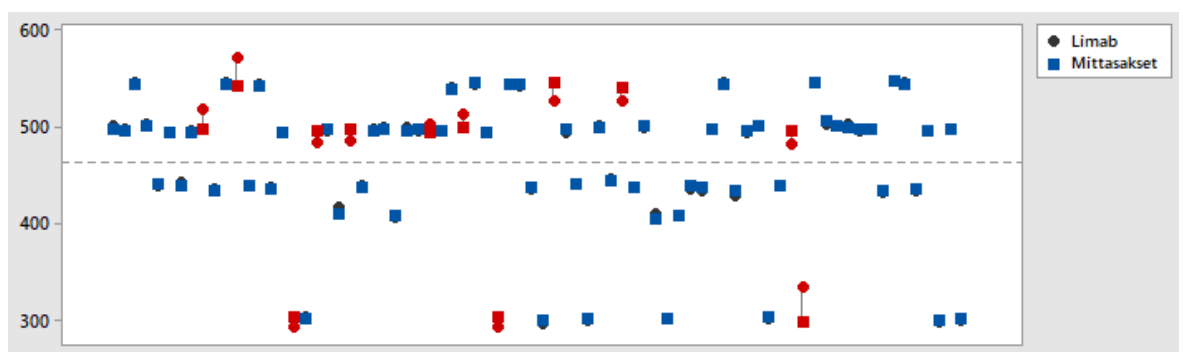
	N	Mean	StDev	SE Mean
Limab	76	462,89	74,47	8,54
Mittasakset	76	462,51	74,30	8,52
Difference	76	0,382	7,531	0,864

95% CI for mean difference: (-1,339; 2,103)

T-Test of mean difference = 0 (vs \neq 0): T-Value = 0,44 P-Value = 0,660

Taulukko 9. Viidennen Limab-koeajon laskutulokset.

Viidennessä koeajossa tukkimittareista ajettiin läpi 76 kpl tukkeja. Viidennen koeajon laskutulokset kertoivat Limab-tukkimittarin mittauksen olleen kyseisessä koeajossa 95 prosentin luotettavuusrajalla luotettava. P-arvon ollessa yli 0,05 oletushypoteesi jää voimaan eli tukkimittari on mitannut riittävän tarkasti ollakseen luotettava. T-arvo on tutkimuksen testisuure, joka kertoo, kuinka todennäköistä on saada T-arvoa vastaavia lukuja mittauksessa. Tulosten mean difference osio kertoo tulosten merkitsevimpien erojen jakautumisesta välille -1,339 ja 2,103. Mittari oli siis enimmillään keskimääräisesti mitannut tukkipituuden 1,4 senttiä liian lyhyeksi ja 2,1 senttiä liian pitkäksi. Koeajossa saavutettiin riittävä tarkkuus näistä pienistä satunnaisista mittaheitoista huolimatta.



Kuvio 9. Viidennen Limab-koeajon tukkimittauksen tarkkuuden jakautuminen.

Kuvio 9 kuvaa viidennen koeajon Limab-tukkimittarin mittaamien tukkimittausten tarkkuuden jakautumista suhteessa masser-mittasaksilla saatuihin tukkipituuk-

siin. Limabin mittaamissa pituuksissa on hieman heittoa, mutta pienillä satunnaisilla mittausvirheillä ei ole riittävän tarkkuuden saavuttamisen kannalta merkitystä.

Paired T for Saha - Mittasakset

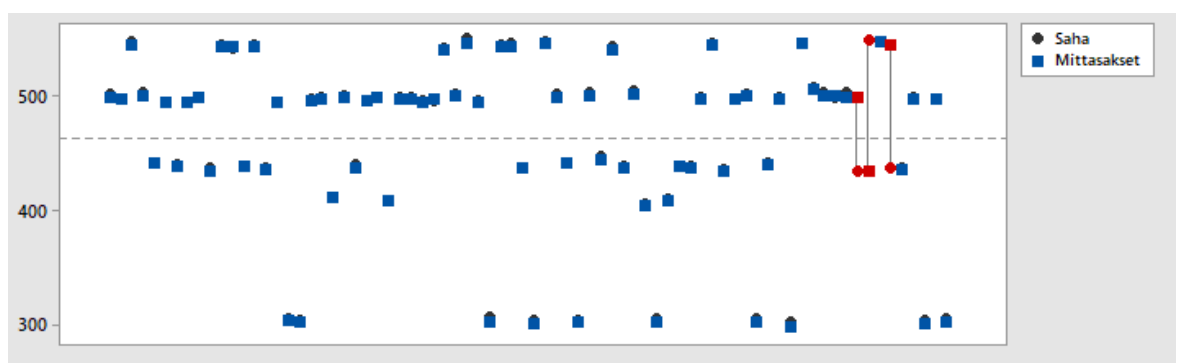
	N	Mean	StDev	SE Mean
Saha	76	463,13	73,86	8,47
Mittasakset	76	462,51	74,30	8,52
Difference	76	0,62	19,69	2,26

95% CI for mean difference: (-3,88; 5,12)

T-Test of mean difference = 0 (vs \neq 0): T-Value = 0,27 P-Value = 0,786

Taulukko 10. Viidennen katkontaa ohjaavan tukkimittarin koeajon laskutulokset.

Viidennen koeajon laskutulokset kertoivat sahan katkontaa ohjaavan-tukkimittarin mittauksen olleen 95 prosentin luotettavuusrajailla luotettava kyseisessä koeajotilanteessa. P-arvon ollessa alle 0,05 oletushypoteesi jää voimaan eli sahan katkontaa ohjaava mittari on riittävän tarkasti ollakseen luotettava. T-arvo on tutkimuksen testisuure, joka kertoo, kuinka todennäköistä on saada T-arvoa vastaavia lukuja mittauksessa. Tulosten mean difference osio kertoo tulosten merkitsevimpien erojen jakautumisesta välille -3,88 ja 5,12. Mittari on keskimääräisesti suurimmillaan mitannut tukin 3,88 senttiä liian lyhyeksi ja 5,12 senttiä liian pitkäksi, mutta tällä ei ole kokonaiskuvan kannalta vaikutusta, sillä muutoin mittari on mitannut tarkasti.



Kuvio 10. Tarkkuuden jakautuminen neljännessä sahan katkontaa ohjaavan mittarin koeajossa.

Kuvio 10 kuvaa viidennen koeajon sahan katkontaa ohjaavan -tukkimittarin mittaamien tukkimittausten tarkkuuden jakautumista suhteessa masser-mittasaksilla saatuihin tukkipituuksiin. Katkontaa ohjaavan mittarin ei ole juurikaan heittoa. Mittauksessa on ollut muutama iso mittausvirhe, mutta ne eivät vaikuta oleellisesti mittarin tarkkuuteen.

8.7 Yhteenveto mittaustuloksista sekä tarkkuutta heikentävät tekijät

Tukkimittauksen tarkkuutta tutkittiin yleisesti käytössä olevalla 95 prosentin luotettavuusrajalla. Mittauksen tarkkuudessa ei kummankaan mittarin osalta saavutettu kaikissa mittauksissa riittävää 95 prosentin luotettavuutta. Limab-tukkimittari mittasi kahdessa koeajossa riittävän tarkasti täyttääkseen riittävän luotettavuusrajan. Katkontaa ohjaavan mittarin osalta riittävä tarkkuus saavutettiin myös kahdessa tukkimittauksessa. Molemmat mittarit mittasivat tarkasti toisessa sekä viidennessä koe-ajotilanteessa. Tukkimittareiden tarkkuuden heitto oli yleisellä tasolla suhteellisen pientä tarkkuuserojen keskimääräisten jakautumien ollen useassa mittauksessa muutamia senttejä. Epätarkkuus oli kuitenkin usein riittävän systemaattista aiheuttaen t-testin oletushypoteesin hylkäämisen.

Limab-tukkimittarin tarkkuuteen vaikutti mielestäni olennaisesti mittarin sijoituspaikka. Tukkimittari on sijoitettu kahden tukkikuljettimen väliin. Sijoituspaikan ongelmallisuuden aiheuttaa se, että kun tuotannon ollessa käynnissä syntyy vaikkapa ruuhkatilanne tai tuotantolinja muuten vain pysäytetään pysähtyvät kuljettimet hieman eri aikaan. Mikäli tukki on linjaston pysähtyessä molempien kuljettimien päällä, jatkaa usein toinen kuljetin vielä liikettään, vaikka toinen kuljetin on jo pysähtynyt. Tällaisessa tilanteessa tukkimittarin ohjelma kuvittelee tukkikuljettimen olevan pysähdyksissä, vaikka todellisuudessa tukki liikkuu vielä linjastolla eteenpäin aiheuttaen mittavirheen. Koeajotilanteessa havaitsin selkeästi useita tilanteita, joissa toinen kuljetin oli jo pysähdyksissä, mutta tukki liikkui vielä toisella kuljettimella eteenpäin. Limabin tarkkuutta voivat myös heikentää olosuhteet eli mittarin eteen kerääntyneet roskat heikentävät mittaustulosta. Tukkimittari

tulisi myös kalibroida riittävän usein, jotta voidaan taata valmistajan puolesta riittävä tarkkuus mittauksessa.

Sahan katkontaa ohjaavan mittarin osalta en havainnut ajoa seuratessani mitään yhtä selkeää tarkkuuteen vaikuttavaa tekijää, kuin limabin osalta kuljettimien liike. Katkontaa ohjaavan mittarin tarkkuuteen voivat oletettavasti vaikuttaa pölyisyys ja likaisuus, mutta mikäli oletetaan ohjelman mittaavan oikein, en tiedä varsinaista fyysistä syytä, joka voisi heikentää mittauksen tarkkuutta. Oletuksena oli tutkimuksen alussa katkontaa ohjaavan mittauksen osalta se, että tarkkuutta voisi heikentää tukkien liike mittaustilanteessa. Molemmissa tukkimittareissa voi mittaustulosta heikentää tukkien liike, joka aiheutuu lengoista tukeista.

Molempien mittareiden mittaustuloksiin on voinut muutamissa tapauksissa vaikuttaa koe-ajotilanteesta johtuva virhe. On oletettavaa, että tukkipöydällä tehdään syöttöpäässä numeroidut tukit ovat voineet vaihtaa paikkaa, eli joku tukki on jostain syystä pompannut toisen tukin yli ja tämä vääristää mittauksen luotettavuutta. Yleisesti ottaen tätä ei tapahtunut, mutta sitä ei voida myöskään täysin sulkea pois. Tukkien paikan vaihto selittäisi muutamissa mitatuissa tukeissa täysin väärennetyt mitat.

9 Pohdinta

9.1 Opinnäytetyöni luotettavuus

Luotettavuutta voidaan tarkastella neljän eri kriteerin kautta, jotka ovat vahvistettavuus, siirrettävyys, refleksiivisyys ja uskottavuus (Kylmä & Juvakka 2007, 127). Vahvistettavuus tutkimusprosessissa käytännön tasolla tarkoittaa kirjaamista. Kirjaaminen auttaa tutkimuksen lukijoita ymmärtämään tutkimuksen. Systemaattinen ja perinpohjainen kirjaaminen tutkimuksen eri vaiheissa on myös onnistuneen tutkimuksen kulmakivi. (Kylmä & Juvakka 2007, 129.) Tutkimuksessani on pyritty mahdollisimman selkeään ja perusteelliseen kirjaamiseen, joka auttaa myös asiasta tietämättömiä ymmärtämään tutkimukseni periaatteet.

Tutkimuksen siirrettävyys tarkoittaa sitä, kuinka hyvin tutkimus ja sen tulokset ovat siirrettävissä muihin tutkimuksiin ja tilanteisiin. Tutkimuksen siirrettävyyden mahdollistaa olosuhteiden ja tutkimusmenetelmien tarkka kuvaus työssä. (Kylmä & Juvakka 2007, 129.) Opinnäytetyöni tutkimus ja tulokset ovat siirrettävissä muihin tutkimuksiin. Siirrettävyys tutkimuksessani on erityisesti muiden vaneritehtaiden osalta hyvällä tasolla.

Refleksiivisyys tutkimuksessa tarkoittaa tutkimuksen laatijan tietoisuutta omista taidoistaan tutkimuksen suorittajana. Käytännössä refleksiivisyydellä mitataan tutkimuksen realistisuutta ja järkevyyttä toteutuksessa. (Kylmä & Juvakka 2007, 129.) Mielestäni saavutin työssäni uskottavan refleksiivisyyden seminaarien sekä vertaisarviointien avulla.

Uskottavuuteen tutkimuksessa vaikuttaa se, että tutkimus ja sekä sen tulokset ovat luotettavia. Tutkimuksen uskottavuuteen vaikuttaa myös erityisesti se, että tutkija käyttää tutkimuksen parissa riittävän pitkän ajan. Saadakseen uskottavan tutkimuksen tulee tutkijan hyödyntää muita aiheesta jo olemassa olevia tutkimuksia aiheesta. (Kylmä & Juvakka 2007, 128.) Uskon onnistuneeni tekemään tutkimuksesta opinnäytetyössäni uskottavan. Minulla oli käytettävissä opinnäytetyöprosessiin ajallisesti noin puoli vuotta sekä hyödynsin jo olemassa olevaa tutkimustietoa asiasta. Tutkimustulokseni tutkimuksessa ovat myös luotettavia, koska minulla oli käytössä yleisesti tunnetut tutkimusmenetelmät sekä mittalaitteet.

9.2 Opinnäytetyön hyödynnettävyys ja jatkokehitysmahdollisuudet

UPM Plywood voi hyödyntää opinnäytetyötäni tukkimittareiden tarkkuuden määrittämisessä. Yhtiö saa opinnäytetyöstä hyödyllistä tietoa Joensuun tehtaan tukkimittareista ja voi käyttää opinnäytetyötäni muiden UPM:n vaneritehtaiden tukkimittareiden tarkkuuden määrittämisessä. UPM saa myös opinnäytetyössäni tietoa tarkkuutta heikentävistä tekijöistä.

Tutkimus osoitti sen, että tukkimittauksen mittatarkkuudessa on epätarkkuutta. Tutkimuksen pohjalta UPM:llä on mahdollista kehittää toimintaansa tukkimittauksen osalta. Mielestäni tukkimittauksen kehittämisessä tulisi tulevaisuudessa tarkastella tutkimuksessani esille tulleita mahdollisia häiriötekijöitä ja sulkea pois niiden mahdollisuus. Kun mahdolliset fyysiset epätarkkuutta aiheuttavat tekijät on suljettu pois, tulisi tutkia ohjelmistopuolen toimivuus tukkimittauksessa. Tutkimukseni keskittyi tarkastelemaan mekaanisia tarkkuuteen vaikuttavia asioita, mutta logiikkapuolen ongelmat mittauksessa tulisi kartoittaa myös tarkasti.

Lähteet

- Juvonen, R. & Kariniemi, J. 1991. Vaneriteollisuus. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Kananen, J. 2011. Kvantti: Kvantitatiivisen opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kohvakka, E. 2017. Opinnäytetyö tukkimittarien tarkkuudesta. Katkonnan sisäänsyöttö. Käyttö- ja huolto-ohje. Aappo.Hyttinen@edu.karelia.fi. 27.11.2017.
- Koponen, H. 2002. Puulevytuotanto. Helsinki: Edita Oy.
- KvantiMOTV. 2008. Hypoteesien testaus. <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/hypoteesi/harjoitus1.html>. 24.11.2017.
- Kylmä, J. & Juvakka, T. 2007. Laadullinen terveystutkimus. Helsinki: Edita Prisma Oy.
- Marjomaa, J. 1996. Tukin mittaus optisella mittarilla. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/katsaus-1996_01.pdf. 16.11.2017.
- Metsämaailma. 2017. Lujuutta, tarkkuutta ja täsmällisyyttä ovat Joensuun vaneritehtaan asiakkaiden laatuvaatimukset. <https://www.metsamaailma.fi/fi/News/Sivut/lujuutta-tarkkuutta-ja-tasmallisyytta-ovat-joensuun-vaneritehtaan-asiakkaiden-laatuvaatimukset.aspx>. 18.10.2017.
- Saukkonen, T. 2017. Limab-mittari. Aappo.Hyttinen@edu.karelia.fi. 20.10.2017.
- Taanila, A. 2016. SPSS: Kahden riippumattoman otoksen vertailu. Akin menetelmäblogi. 27.4.2016. <https://tilastoapu.wordpress.com/tag/kahden-riippumattoman-otoksen-t-testi/>. 3.12.2017.
- UPM. 2017a. UPM. <http://www.upm.fi/UPM/Pages/default.aspx>. 18.10.2017.
- UPM. 2017b. UPM Plywood. <http://www.upm.fi/liiketoiminnot/upm-vaneri/Pages/default.aspx>. 18.10.2017.
- UPM. 2016. Aiming Higher with Biofore. Vuosikertomus 2016. <https://user-fudicvo.cld.bz/UPM-vuosikertomus-2016#174-175/z>. 18.10.2017.
- UPM. 2010. Katkaisusahan toimintaohje.
- Vilkkä, H. 2015. Tutki ja kehitä. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Wisa Plywood UPM. 2017. UPM Joensuu Plywood Mill. <http://www.wisaplywood.com/Contacts/production-units/joensuu/Pages/default.aspx>. 18.10.2017.